

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2006 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06737723 **Image available**
SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

PUB. NO.: 2000-323572 [JP 2000323572 A]
PUBLISHED: November 24, 2000 (20001124)
INVENTOR(s): SHIMADA SATOSHI
 WATANABE HIROYUKI
 NISHIDA ATSUHIRO
 INOUE YASUNORI
 MIZUHARA HIDEKI
APPLICANT(s): SANYO ELECTRIC CO LTD
APPL. NO.: 11-251316 [JP 99251316]
FILED: September 06, 1999 (19990906)
PRIORITY: 10-269598 [JP 98269598], JP (Japan), September 24, 1998
 (19980924)
 11-063569 [JP 9963569], JP (Japan), March 10, 1999 (19990310)
INTL CLASS: H01L-021/768; H01L-021/265

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid adverse influences of moisture and hydroxide groups in an SOG film by introducing an impurity in an insulation film to reform it and provide impurity-contg. regions where moisture and hydroxide groups in the film are lessened and the film hardly absorbs moisture.

SOLUTION: On a single crystal Si substrate 1 a silicon oxide film 2 and an org. SOG film 3 are formed, and the SOG film 3 interior is buried. A metal wiring 7 is buried in trenches on the inner walls of which a reformed SOG film 5 is formed such that B ion is introduced in the SOG film 3, org. components in the film are decomposed, moisture and hydroxide groups in the film are lessened, no org. component is contained and moisture and hydroxide groups are contained a little. This prevents the metal wiring 7 from corrosion and a high-reliability layer insulation film with a possibly reduced inter-wiring capacitance can be obtained and it is adaptable to scale down since only the reformed SOG film 5 exists sideways between the metal wirings 7.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

Family list

1 family member for:

JP2000323572

Derived from 1 application.

1 SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

Publication info: **JP2000323572 A** - 2000-11-24

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-323572

(P 2 0 0 0 - 3 2 3 5 7 2 A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マコード (参考)

H01L 21/768

H01L 21/90

J 5F033

21/265

21/265

Y

21/90

P

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全21頁)

(21) 出願番号 特願平11-251316

(22) 出願日 平成11年9月6日 (1999. 9. 6)

(31) 優先権主張番号 特願平10-269598

(32) 優先日 平成10年9月24日 (1998. 9. 24)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-63569

(32) 優先日 平成11年3月10日 (1999. 3. 10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 嶋田 聡

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 渡辺 裕之

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100104433

弁理士 宮園 博一

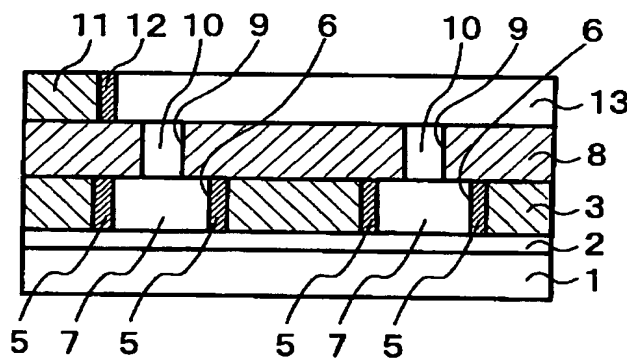
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 配線の腐食を防止し且つ比誘電率の増加も極力防止された層間絶縁膜を得ることで、信頼性の高い半導体装置を提供すること。

【解決手段】 有機SOG膜3内に実質的にその上面まで埋め込まれた金属配線7と、その有機SOG膜3における金属配線7との接触部のみに形成された改質SOG膜5とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 絶縁膜内に実質的にその上面まで埋め込まれた第 1 配線と、
前記第 1 絶縁膜における前記第 1 配線との接触部のみに形成された第 1 不純物含有領域とを備えた、半導体装置。

【請求項 2】 前記第 1 配線及び前記第 1 絶縁膜の上に形成された第 2 絶縁膜と、この第 2 絶縁膜に形成され且つ前記第 1 配線に通じる埋込用開口部と、この埋込用開口部内に埋め込まれた第 2 配線とを備え、前記第 2 絶縁膜における前記第 2 配線との接触部のみに、第 2 不純物含有領域を形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】 前記埋込用開口部は、前記第 1 配線に通じるコンタクトホールとこのコンタクトホールに通じるトレンチとからなることを特徴とした請求項 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】 前記第 2 絶縁膜は、前記コンタクトホールが形成された第 3 絶縁膜と前記トレンチが形成された第 4 絶縁膜とからなることを特徴とした請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】 前記第 3 絶縁膜と第 4 絶縁膜との間に、前記コンタクトホールのエッチング用マスクを有することを特徴とした請求項 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】 配線層の上に形成され、前記配線層に通じるコンタクトホールを有する第 1 絶縁膜と、
前記第 1 絶縁膜の上に形成され、前記コンタクトホールに通じるトレンチを有する第 2 絶縁膜と、
前記コンタクトホールと前記トレンチとを埋め込むとともに、前記配線層に接触するように形成された第 1 配線と、
前記第 1 絶縁膜のうち前記第 1 配線との接触部のみに形成された第 1 不純物含有領域とを備えた、半導体装置。

【請求項 7】 前記第 2 絶縁膜の誘電率は、3.5 以下である、請求項 6 に記載の半導体装置。

【請求項 8】 前記第 1 絶縁膜と前記第 2 絶縁膜との間に、前記コンタクトホールのエッチング用マスクをさらに備える、請求項 6 又は 7 に記載の半導体装置。

【請求項 9】 前記絶縁膜が、炭素を 1atomic% 以上含有するシリコン酸化膜を含むことを特徴とした請求項 1、2、4、6 又は 7 に記載の半導体装置。

【請求項 10】 前記絶縁膜が、無機 SOG 膜を含むことを特徴とした請求項 1、2、4、6 又は 7 に記載の半導体装置。

【請求項 11】 基板上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、
この第 1 絶縁膜の一部に不純物を導入して第 1 不純物含有領域を形成する工程と、
前記第 1 絶縁膜における前記第 1 不純物含有領域内に、第 1 埋込用開口部を形成する工程と、

前記第 1 埋込用開口部内に第 1 配線を埋め込む工程と、を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【請求項 12】 基板上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、
この第 1 絶縁膜の上に第 1 マスクパターンを形成する工程と、

この第 1 マスクパターンをマスクとして前記第 1 絶縁膜に不純物を注入することにより、前記第 1 絶縁膜に、前記第 1 マスクパターンの開口部よりも大きな第 1 不純物含有領域を形成する工程と、

前記第 1 マスクパターンをマスクとして、前記第 1 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 1 不純物含有領域を有する第 1 埋込用開口部を形成する工程と、

前記第 1 埋込用開口部内に第 1 配線を埋め込む工程と、を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【請求項 13】 前記第 1 配線及び前記第 1 絶縁膜の上に、第 2 絶縁膜を形成する工程と、

この第 2 絶縁膜に、側壁に第 2 不純物含有領域を有し且つ前記第 1 配線に通じる第 2 埋込用開口部を形成する工程と、

前記第 2 埋込用開口部内に第 2 配線を埋め込む工程と、を含むことを特徴とした請求項 11 又は 12 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】 前記第 1 配線及び前記第 1 絶縁膜の上に、第 2 絶縁膜を形成する工程と、

この第 2 絶縁膜の一部に不純物を導入して第 2 不純物含有領域を形成する工程と、

前記第 2 絶縁膜における前記第 2 不純物含有領域内に、前記第 1 配線に通じる第 2 埋込用開口部を形成する工程と、

前記第 2 埋込用開口部内に第 2 配線を埋め込む工程と、を含むことを特徴とした請求項 11 又は 12 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 15】 前記第 2 埋込用開口部は、前記第 1 配線に通じるコンタクトホールとこのコンタクトホールに通じるトレンチとからなることを特徴とした請求項 13 又は 14 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 16】 前記第 1 絶縁膜及び第 1 配線の上に第 3 絶縁膜を形成する第 1 工程と、

前記第 3 絶縁膜の上に、第 4 絶縁膜を形成する第 2 工程と、

前記第 4 絶縁膜の上に第 2 マスクパターンを形成する第 3 工程と、

この第 2 マスクパターンをマスクとして前記第 3 絶縁膜に不純物を注入することにより、前記第 3 絶縁膜に、前記第 2 マスクパターンの開口部よりも大きく且つ前記第 1 配線上に位置する第 3 不純物含有領域を形成する第 4 工程と、

第 4 工程の前又は後に、前記第 2 マスクパターンをマス

クとして、前記第 4 絶縁膜をエッチングすることにより、前記第 3 絶縁膜の上に、前記第 4 絶縁膜からなるエッチング用マスクを形成する第 5 工程と、
 前記第 2 マスクパターンを除去した後、前記第 3 絶縁膜及びエッチング用マスクの上に第 5 絶縁膜を形成する工程と、
 前記第 5 絶縁膜の上に前記エッチング用マスクよりも大きい開口部を有する第 3 マスクパターンを形成する工程と、
 この第 3 マスクパターンをマスクとして前記第 5 絶縁膜に不純物を注入することにより、前記第 5 絶縁膜に、前記エッチング用マスクの開口部よりも大きく且つ前記第 3 絶縁膜の第 3 不純物含有領域上に位置する第 4 不純物含有領域を形成する工程と、
 前記第 3 マスクパターンに基づいて、前記第 4 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 4 不純物含有領域を有するトレンチを形成する工程と、
 前記エッチング用マスクに基づいて、前記第 3 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 3 不純物含有領域を有するコンタクトホールを形成する工程と、
 前記コンタクトホール及びトレンチ内に第 2 配線を埋め込む工程と、を含むことを特徴とした請求項 1 1 又は 1 2 に記載の半導体装置の製造方法。
 【請求項 1 7】基板上に形成された配線層を覆うように第 1 絶縁膜を形成する工程と、
 前記第 1 絶縁膜の上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、
 前記第 2 絶縁膜の上に第 1 マスクパターンを形成する工程と、
 前記第 1 マスクパターンをマスクとして、前記第 1 絶縁膜に不純物を注入することにより、前記第 1 マスクパターンの開口部よりも大きく且つ前記配線層上に位置する第 1 不純物含有領域を形成する工程と、
 前記第 1 マスクパターンをマスクとして、前記第 2 絶縁膜をエッチングすることにより、前記第 1 絶縁膜の上に、前記第 2 絶縁膜からなるエッチング用マスクを形成する工程と、
 前記第 1 マスクパターンを除去した後、前記第 1 絶縁膜及び前記エッチング用マスクの上に、誘電率が 3.5 以下の第 3 絶縁膜を形成する工程と、
 前記第 3 絶縁膜の上に前記エッチング用マスクよりも大きい開口部を有する第 2 マスクパターンを形成する工程と、
 前記第 2 マスクパターンをマスクとして、前記第 3 絶縁膜をエッチングすることにより、トレンチを形成する工程と、
 前記エッチング用マスクをマスクとして、前記第 1 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 1 不純物含有領域を有するコンタクトホールを形成する工程と、
 前記コンタクトホール及びトレンチ内に第 1 配線を埋め

込む工程とを備えた、半導体装置の製造方法。

【請求項 1 8】前記絶縁膜への不純物の注入は、前記絶縁膜へ斜め方向から不純物をイオン注入することにより行う、請求項 1 2、1 6 または 1 7 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 9】前記絶縁膜が、炭素を 1 atomic% 以上含有するシリコン酸化膜を含むことを特徴とした請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 0】前記絶縁膜が、無機 SOG 膜を含むことを特徴とした請求項 1 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置及びその製造方法に係り、詳しくは、デバイス上に絶縁膜を形成する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路の更なる高集積化を実現するために、配線の微細化、多層化を進めることが要求されている。配線を多層化するには、各配線間に層間絶縁膜を設けるが、その層間絶縁膜の表面が平坦でないと、層間絶縁膜の上部に形成された配線に段差が生じて断線などの故障が引き起こされる。

【0003】従って、層間絶縁膜の表面（すなわち、デバイスの表面）は可能な限り平坦化されていなければならない。このように、デバイスの表面を平坦化する技術は、平坦化技術と呼ばれ、配線の微細化、多層化に伴ってますます重要になっている。

【0004】平坦化技術において、よく用いられる層間絶縁膜として SOG (Spin On Glass) 膜があり、特に層間絶縁膜材料のフロー特性を利用した平坦化技術において盛んな検討がなされている。

【0005】SOG とは、シリコン化合物を有機溶剤に溶解した溶液及びその溶液から形成される二酸化シリコンを主成分とする膜の総称である。

【0006】SOG 膜を形成するには、まず、シリコン化合物を有機溶剤に溶解した溶液を基板上に滴下して基板を回転させる。すると、その溶液の被膜は、配線によって形成される基板上の段差に対して、その凹部には厚く、凸部には薄く、段差を緩和するように形成される。その結果、その溶液の被膜の表面は平坦化される。

【0007】次に熱処理が施されると、有機溶剤が蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が平坦な SOG 膜が形成される。

【0008】SOG 膜には、一般式 (1) で表されるように、シリコン化合物中に有機成分を含まない無機 SOG 膜と、一般式 (2) で表されるように、シリコン化合物中に有機成分を含む有機 SOG 膜とがある。

【0009】 $[SiO_2]$ 。・・・(1)

$[R_xSi_yO_z]$ 。・・・(2)

(n, X, Y, Z: 整数, R: アルキル基又はアリール基)

無機SOG膜や有機SOG膜は、非常に優れた平坦性を有するが、無機SOG膜は、水分及び水酸基を多量に含んでいるために、金属配線などに悪影響を与え、電気的特性の劣化、腐食などの問題が生じる恐れがある。

【0010】また、無機SOG膜に比べれば少ないものの、有機SOG膜にも水分及び水酸基が含まれているため、同様の問題を有する。

【0011】そこで、通常は、SOG膜を層間絶縁膜に採用する場合において、水分及び水酸基を比較的遮断する性質に加えて絶縁性及び機械的強度が高い性質を持つ、例えばプラズマCVD法によって形成されたシリコン酸化膜などの絶縁膜をSOG膜と金属配線との間に介在させることが行われている(例えば、特開平5-226334号公報(H01L21/3205)参照)。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】従来例にあっては、SOG膜に形成されたコンタクトホールやトレンチ内に金属配線を埋め込んだ場合、コンタクトホールやトレンチの内壁面には依然としてSOG膜が露出するため、SOG膜中の水分及び水酸基の悪影響を防止することはできない。

【0013】本発明は、半導体装置及び半導体装置の製造方法に関し、斯かる問題点を解消することをその目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1による半導体装置は、第1配線と、第1不純物含有領域とを備えている。第1配線は、第1絶縁膜内に実質的にその上面まで埋め込まれている。第1不純物含有領域は、第1絶縁膜における第1配線との接触部のみに形成されている。

【0015】請求項1では、上記のように、第1絶縁膜に第1不純物含有領域を設けることによって、その第1不純物含有領域では、不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第1絶縁膜中の水分が第1配線に悪影響を与えない。この結果、第1配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第1不純物含有領域を、第1配線との接触部のみに形成することによって、不純物の導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第1絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項1による半導体装置では、第1配線の腐食などの不都合を有効に防止することができるとともに、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第1絶縁膜からなる層間絶縁膜を得ることができる。

【0016】請求項2による半導体装置は、請求項1の構成において、第2絶縁膜と、埋込用開口部と、第2配

線とをさらに備えている。第2絶縁膜は、第1配線及び第1絶縁膜の上に形成されている。埋込用開口部は、第2絶縁膜に形成され且つ第1配線に通じる。第2配線は、埋込用開口部内に埋め込まれている。また、第2絶縁膜における第2配線との接触部のみに、第2不純物含有領域が形成されている。

【0017】請求項2では、上記のように、第2絶縁膜に第2不純物含有領域を設けることによって、その第2不純物含有領域では、不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第2絶縁膜中の水分が第2配線に悪影響を与えない。この結果、第2配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第2不純物含有領域を、第2配線との接触部のみに形成することによって、不純物の導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第2絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項2による半導体装置では、第2配線の腐食などの不都合を有効に防止することができるとともに、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第2絶縁膜からなる層間絶縁膜を得ることができる。

【0018】請求項3による半導体装置は、請求項2の構成において、埋込用開口部は、第1配線に通じるコンタクトホールとこのコンタクトホールに通じるトレンチとからなる。

【0019】請求項4による半導体装置は、請求項3の構成において、第2絶縁膜は、コンタクトホールが形成された第3絶縁膜とトレンチが形成された第4絶縁膜とからなる。

【0020】請求項5による半導体装置は、請求項4の構成において、第3絶縁膜と第4絶縁膜との間に、コンタクトホールのエッチング用マスクを有する。請求項5では、このように、コンタクトホールのエッチング用マスクを介在させておくことにより、コンタクトホールを、トレンチ形成用のエッチング工程に連続してエッチング形成することができ、その結果、製造プロセスを簡略化することができる。

【0021】請求項6による半導体装置は、第1絶縁膜と、第2絶縁膜と、第1配線と、第1不純物含有領域とを備えている。第1絶縁膜は、配線層の上に形成されており、配線層に通じるコンタクトホールを有する。第2絶縁膜は、第1絶縁膜の上に形成されており、コンタクトホールに通じるトレンチを有する。第1配線は、コンタクトホールとトレンチとを埋め込むとともに、配線層に接触するように形成されている。第1不純物含有領域は、第1絶縁膜のうち第1配線との接触部のみに形成されている。

【0022】請求項6では、上記のように、第1絶縁膜に第1不純物含有領域を設けることによって、その第1不純物含有領域では、不純物の導入により、膜が改質さ

10

20

30

40

50

れて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第 1 絶縁膜中の水分が第 1 配線に悪影響を与えない。この結果、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第 1 不純物含有領域を、第 1 絶縁膜のうち第 1 配線との接触部のみに形成することによって、不純物導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第 1 絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項 6 による半導体装置では、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第 1 絶縁膜からなる層間絶縁膜を得ることができる。

【 0 0 2 3 】請求項 7 による半導体装置は、請求項 6 の構成において、第 2 絶縁膜の誘電率は、3.5 以下である。このように、第 2 絶縁膜として誘電率が 3.5 以下の低誘電率の絶縁膜を用いれば、第 2 絶縁膜からなる層間絶縁膜の配線間容量を低減することができる。この結果、請求項 6 の第 1 絶縁膜からなる層間絶縁膜と、請求項 7 の第 2 絶縁膜からなる層間絶縁膜とを用いれば、配線間容量をより低減しながら、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。

【 0 0 2 4 】請求項 8 による半導体装置は、請求項 6 又は 7 の構成において、第 1 絶縁膜と第 2 絶縁膜との間に、コンタクトホールのエッチング用マスクをさらに備える。このように、コンタクトホールのエッチング用マスクを介在させておくことにより、コンタクトホールを、トレンチ形成用のエッチング工程に連続してエッチング形成することができ、その結果、製造プロセスを簡略化することができる。

【 0 0 2 5 】請求項 9 による半導体装置は、請求項 1、2、6 または 7 のいずれかの構成において、絶縁膜が、炭素を 1 atomic % 以上含有するシリコン酸化膜を含む。

【 0 0 2 6 】請求項 1 0 による半導体装置は、請求項 1、2、6 または 7 のいずれかの構成において、絶縁膜は、無機 SOG 膜を含む。

【 0 0 2 7 】請求項 1 1 による半導体装置の製造方法は、基板上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、この第 1 絶縁膜の一部に不純物を導入して第 1 不純物含有領域を形成する工程と、前記第 1 絶縁膜における前記第 1 不純物含有領域内に、第 1 埋込用開口部を形成する工程と、前記第 1 埋込用開口部内に第 1 配線を埋め込む工程とを備える。

【 0 0 2 8 】請求項 1 2 による半導体装置の製造方法は、基板上に第 1 絶縁膜を形成する工程と、この第 1 絶縁膜の上に第 1 マスクパターンを形成する工程と、この第 1 マスクパターンをマスクとして前記第 1 絶縁膜に不純物を注入することにより、第 1 絶縁膜に、第 1 マスクパターンの開口部よりも大きな第 1 不純物含有領域を形成する工程と、第 1 マスクパターンをマスクとして、第 1 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に

第 1 不純物含有領域を有する第 1 埋込用開口部を形成する工程と、第 1 埋込用開口部内に第 1 配線を埋め込む工程とを備える。

【 0 0 2 9 】請求項 1 2 では、上記のように、第 1 絶縁膜に第 1 不純物含有領域を形成することによって、その第 1 不純物含有領域では、不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第 1 絶縁膜中の水分が第 1 配線に悪影響を与えない。その結果、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第 1 不純物含有領域を、第 1 配線との接触部のみに形成することによって、不純物導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第 1 絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項 1 2 による半導体装置の製造方法では、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第 1 絶縁膜からなる層間絶縁膜を容易に製造することができる。

【 0 0 3 0 】また、請求項 1 2 では、予め第 1 絶縁膜に部分的に第 1 不純物含有領域を形成し、この第 1 不純物含有領域内に第 1 埋込用開口部を形成することにより、第 1 不純物含有領域を第 1 埋込用開口部の側壁（内壁）にのみ簡単に形成することができる。

【 0 0 3 1 】請求項 1 3 による半導体装置の製造方法は、請求項 1 1 または 1 2 の構成において、第 1 配線及び第 1 絶縁膜の上に、第 2 絶縁膜を形成する工程と、この第 2 絶縁膜に、側壁に第 2 不純物含有領域を有し且つ第 1 配線に通じる第 2 埋込用開口部を形成する工程と、第 2 埋込用開口部内に第 2 配線を埋め込む工程とを備える。

【 0 0 3 2 】請求項 1 4 による半導体装置の製造方法は、請求項 1 1 または 1 2 の構成において、第 1 配線及び第 1 絶縁膜の上に、第 2 絶縁膜を形成する工程と、この第 2 絶縁膜の一部に不純物を導入して第 2 不純物含有領域を形成する工程と、第 2 絶縁膜における第 2 不純物含有領域内に、第 1 配線に通じる第 2 埋込用開口部を形成する工程と、第 2 埋込用開口部内に第 2 配線を埋め込む工程とを備える。

【 0 0 3 3 】請求項 1 4 では、上記のように、第 2 絶縁膜に第 2 不純物含有領域を設けることによって、その第 2 不純物含有領域では、不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第 2 絶縁膜中の水分が第 2 配線に悪影響を与えない。その結果、第 2 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第 2 不純物含有領域を、第 2 配線との接触部のみに形成することにより、不純物導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第 2 絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、

請求項 14 による半導体装置の製造方法では、第 2 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。とともに、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第 2 絶縁膜からなる層間絶縁膜を容易に製造することができる。

【0034】また、請求項 14 では、予め第 2 絶縁膜に部分的に第 2 不純物含有領域を形成し、この第 2 不純物含有領域内に第 2 埋込用開口部を形成することにより、第 2 不純物含有領域を第 2 埋込用開口部の側壁（内壁）にのみ簡単に形成することができる。

【0035】請求項 15 による半導体装置の製造方法は、請求項 13 または 14 の構成において、第 2 埋込用開口部は、第 1 配線に通じるコンタクトホールとこのコンタクトホールに通じるトレンチとからなる。

【0036】請求項 16 による半導体装置の製造方法は、請求項 11 または 12 の構成において、第 1 絶縁膜及び第 1 配線の上に第 3 絶縁膜を形成する第 1 工程と、第 3 絶縁膜の上に、第 4 絶縁膜を形成する第 2 工程と、第 4 絶縁膜の上に第 2 マスクパターンを形成する第 3 工程と、この第 2 マスクパターンをマスクとして第 3 絶縁膜に不純物を注入することにより、第 3 絶縁膜に、第 2 マスクパターンの開口部よりも大きく且つ第 1 配線上に位置する第 3 不純物含有領域を形成する第 4 工程と、第 4 工程の前又は後に、第 2 マスクパターンをマスクとして、第 4 絶縁膜をエッチングすることにより、第 3 絶縁膜の上に、第 4 絶縁膜からなるエッチング用マスクを形成する第 5 工程と、第 2 マスクパターンを除去した後、第 3 絶縁膜及びエッチング用マスクの上に第 5 絶縁膜を形成する工程と、第 5 絶縁膜の上に前記エッチング用マスクよりも大きい開口部を有する第 3 マスクパターンを形成する工程と、この第 3 マスクパターンをマスクとして第 5 絶縁膜に不純物を注入することにより、第 5 絶縁膜に、エッチング用マスクの開口部よりも大きく且つ第 3 絶縁膜の第 3 不純物含有領域上に位置する第 4 不純物含有領域を形成する工程と、第 3 マスクパターンに基づいて、第 4 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 4 不純物含有領域を有するトレンチを形成する工程と、エッチング用マスクに基づいて、第 3 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 3 不純物含有領域を有するコンタクトホールを形成する工程と、コンタクトホール及びトレンチ内に第 2 配線を埋め込む工程とを備える。

【0037】請求項 16 では、上記のように、第 3 および第 5 絶縁膜に第 3 および第 4 不純物含有領域を形成することによって、その第 3 および第 4 不純物含有領域では、不純物の注入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第 3 及び第 5 絶縁膜中の水分が第 2 配線に悪影響を与えない。その結果、第 2 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第 3 及び第 4 不純物含有領域を、第 2 配線との接触部のみに形

成することによって、不純物導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第 3 及び第 5 絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項 16 による半導体装置の製造方法では、第 2 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。とともに、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第 3 および第 5 絶縁膜からなる層間絶縁膜を容易に製造することができる。

【0038】また、請求項 16 では、予め第 3 絶縁膜に部分的に第 3 不純物含有領域を、第 5 絶縁膜に部分的に第 4 不純物含有領域をそれぞれ形成し、この第 3 及び第 4 不純物含有領域内にトレンチとコンタクトホールとを形成するので、第 3 及び第 4 不純物含有領域をトレンチとコンタクトホールとの側壁（内壁）にのみ簡単に形成することができる。

【0039】更に、請求項 16 では、第 3 絶縁膜と第 5 絶縁膜との間に、第 2 マスクパターンを介在させておくことにより、コンタクトホールとトレンチとを一度のエッチングで形成することができ、その結果、製造プロセスを簡略化することができる。

【0040】請求項 17 による半導体装置の製造方法は、基板上に形成された配線層を覆うように第 1 絶縁膜を形成する工程と、第 1 絶縁膜の上に第 2 絶縁膜を形成する工程と、第 2 絶縁膜の上に第 1 マスクパターンを形成する工程と、第 1 マスクパターンをマスクとして、第 1 絶縁膜に不純物を注入することにより、第 1 マスクパターンの開口部よりも大きく且つ配線層上に位置する第 1 不純物含有領域を形成する工程と、第 1 マスクパターンをマスクとして、第 2 絶縁膜をエッチングすることにより、第 1 絶縁膜の上に、第 2 絶縁膜からなるエッチング用マスクを形成する工程と、第 1 マスクパターンを除去した後、第 1 絶縁膜及びエッチング用マスクの上に、誘電率が 3.5 以下の第 3 絶縁膜を形成する工程と、第 3 絶縁膜の上にエッチング用マスクよりも大きい開口部を有する第 2 マスクパターンを形成する工程と、第 2 マスクパターンをマスクとして、第 3 絶縁膜をエッチングすることにより、トレンチを形成する工程と、エッチング用マスクをマスクとして、第 1 不純物含有領域をエッチングすることにより、側壁に第 1 不純物含有領域を有するコンタクトホールを形成する工程と、コンタクトホール及びトレンチ内に第 1 配線を埋め込む工程とを備えている。

【0041】請求項 17 では、上記のように、第 1 絶縁膜に第 1 不純物含有領域を設けることによって、その第 1 不純物含有領域では、不純物の注入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、第 1 絶縁膜中の水分が第 1 配線に悪影響を与えない。その結果、第 1 配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。また、第 1 不純物含有領域を、第 1 配線との接触部のみに

形成することによって、不純物導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、第1絶縁膜におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、請求項17による半導体装置の製造方法では、第1配線の腐食などの不都合を有効に防止することができるとともに、配線間容量も極力低い、信頼性の高い第1絶縁膜からなる層間絶縁膜を容易に製造することができる。

【0042】また、請求項17では、第3絶縁膜として誘電率が3.5以下の低誘電率の絶縁膜を用いることにより、第3絶縁膜からなる層間絶縁膜の配線間容量を低減することができる。この結果、第1絶縁膜からなる層間絶縁膜と、第3絶縁膜からなる層間絶縁膜とによって、配線間容量をより低減しながら、第1配線の腐食などの不都合を有効に防止することができる。

【0043】また、請求項17では、予め第1絶縁膜に部分的に第1不純物含有領域を形成し、この第1不純物含有領域内にコンタクトホールを形成することにより、第1不純物含有領域をコンタクトホールの側壁（内壁）にのみ簡単に形成することができる。

【0044】更に、請求項17では、第1絶縁膜と第3絶縁膜との間に、エッチング用マスクを介在させているので、コンタクトホールとトレンチとを一度のエッチングで形成することができ、その結果、製造プロセスを簡略化することができる。

【0045】請求項18による半導体装置の製造方法は、請求項12、16または17の構成において、絶縁膜への不純物の注入は、絶縁膜へ斜め方向から不純物をイオン注入することにより行う。このように、絶縁膜へ斜め方向から不純物をイオン注入することにより、容易にマスクパターンの開口部よりも大きい不純物含有領域を絶縁膜に形成することができる。

【0046】請求項19による半導体装置の製造方法は、請求項11～17のいずれかの構成において、絶縁膜が、炭素を1atomic%以上含有するシリコン酸化膜を含む。

【0047】請求項20による半導体装置の製造方法は、請求項11～17のいずれかの構成において、絶縁膜が、無機SOG膜を含む。

【0048】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）本発明を具体化した第1実施形態を図面に基づいて説明する。

【0049】図1は本第1実施形態における半導体装置の断面図である。図1において、単結晶シリコン基板1の上には、シリコン酸化膜2が形成されている。シリコン酸化膜2の上には有機SOG膜3が形成され、この有機SOG膜3内にはダマシン法を用いて金属配線7がその上面まで埋め込まれている。金属配線7が埋め込まれたトレンチ6の内壁には改質SOG膜5が形成されている。

【0050】有機SOG膜3、改質SOG膜5及び金属配線7の上には、シリコン酸化膜8が形成され、このシリコン酸化膜8には、金属配線7に通じるコンタクトホール9が形成され、このコンタクトホール9内には、接続孔配線10が埋め込み形成されている。シリコン酸化膜8及び接続孔配線10の上には、有機SOG膜3、改質SOG膜5及び金属配線7と同様に、有機SOG膜11、改質SOG膜12及び接続孔配線10と電気的に接続する上層金属配線13が形成されている。

【0051】次に、本実施形態の半導体装置の製造方法を図1～図8に従って説明する。

【0052】工程1（図2参照）：（100）p型（又はn型）単結晶シリコン基板1の上にシリコン酸化膜2（膜厚：約200nm）を形成し、その上に有機SOG膜3を形成する。有機SOG膜3の組成は $[(CH_3)_2Si_4O_7]_n$ で、その膜厚は約600nmである。

【0053】シリコン酸化膜2は、プラズマCVD法により形成する。反応ガスとしては、モノシランと亜酸化窒素（ $SiH_4 + N_2O$ ）、モノシランと酸素（ $SiH_4 + O_2$ ）、TEOS（Tetra-ethoxy-silane）と酸素（ $TEOS + O_2$ ）などを用い、成膜温度は約300～900℃である。

【0054】また、シリコン酸化膜2は、プラズマCVD法以外の方法（常圧CVD法、減圧CVD法、ECRプラズマCVD法、光励起CVD法、TEOS-CVD法、PVD法など）によって形成してもよい。例えば、常圧CVD法で用いられるガスはモノシランと酸素（ $SiH_4 + O_2$ ）であり、成膜温度は約400℃以下である。また、減圧CVD法で用いられるガスはモノシランと亜酸化窒素（ $SiH_4 + N_2O$ ）であり、成膜温度は約900℃以下である。

【0055】有機SOG膜3の形成方法は、まず、前記組成のシリコン化合物のアルコール系溶液（例えば、IPA+アセトン）を基板1の上に滴下して基板を回転速度：約2300rpmで約20秒間回転させ、この溶液の被膜を基板1の上に形成する。このとき、そのアルコール系溶液の被膜は、基板1の上の段差に対して、その凹部には厚く、その凸部には薄く、段差を緩和するように形成される。その結果、アルコール系溶液の被膜の表面は平坦化される。

【0056】次に、窒素雰囲気中において、約100℃で1分間程度、約200℃で1分間程度、約300℃で1分間程度、約22℃で1分間程度、約430℃で30分間程度、順次熱処理を施すと、アルコール系溶媒が蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が平坦な膜厚約300nmの有機SOG膜が形成される。この被膜形成～熱処理作業をもう1回繰り返すことにより、膜厚約600nmの有機SOG膜3を得る。尚、この有機SOG膜3が本発明における「第1絶縁膜」に相当する。

【0057】この有機SOG膜3は、下地面が平坦なた

め、基板の全面にわたってほぼ均一な膜厚で塗布形成される。有機SOG膜3は、炭素を1atomic%以上含有するシリコン酸化膜である。

【0058】工程2（図3参照）：有機SOG膜3の上に、埋め込み孔形成のためのレジストパターン4を形成する。尚、このレジストパターン4が本発明における「第1マスクパターン」に相当する。

【0059】工程3（図4参照）：レジストパターン4をマスクとして、有機SOG膜3に対し、斜め方向からホウ素（ボロン）イオン（B⁺）を加速エネルギー：約140KeV、ドーズ量：約 2×10^{15} atoms/cm²の条件でドーピングする。このように、有機SOG膜3にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

【0060】その結果、有機SOG膜3は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれないSOG膜（以下、改質SOG膜という）5に変えられる。この時、ホウ素イオンは斜め方向から注入されるため、この改質SOG膜5は、レジストパターン4の開口部よりも大きな径になる。尚、この改質SOG膜5が、本発明における「第1不純物含有領域」に相当する。

【0061】またこの時、改質部分がレジストパターン4の開口部に対し均等な割合で大きくなるようホウ素イオンを注入するためには、基板1が形成されたシリコンウェハ（図示略）全体を回転させながら、基板1の表面に立つ法線から概ね15°～60°程度の角度でホウ素イオンを注入することが望ましい。このように、シリコンウェハ全体を回転させながら、シリコンウェハに対して所定の角度でイオン注入を行う方法は、一般に回転斜めイオン注入法と呼ばれる。

【0062】工程4（図5参照）：引き続きレジストパターン4をマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質SOG膜5に埋め込み孔としてのトレンチ6を形成する。この時、工程3において、改質SOG膜5の径がレジストパターン4の開口部の径よりも大きく形成されているため、トレンチ6の内壁は改質SOG膜5で構成される。従って、このトレンチ6内に後述するように配線を埋め込んでも、有機SOG膜3に含まれる水分や水酸基が配線に悪影響を与えない。尚、このトレンチ6が本発明における「埋込用開口部又は第1埋込用開口部」に相当する。

【0063】また、改質SOG膜5の比誘電率は3.5で、有機SOG膜3の比誘電率（2.9）に対し、若干高いが、本実施形態では、改質SOG膜5は、トレンチ6の内壁にのみ存在し、それ以外の個所は有機SOG膜3のままであるため、膜全体の比誘電率が大幅に増加し、配線間容量が大きくなって信号遅延が発生することも極力防止できる。

【0064】工程5（図6参照）：レジストパターンを

除去し、必要に応じて、不活性ガス（例えばAr）を用いたスパッタエッチングによって、トレンチ6内をクリーニングした後、トレンチ6内、改質SOG膜5及び有機SOG膜3の上に、マグネトロンスパッタ法やCVD法を用いて、密着層及びバリヤ層としてのTiN膜を形成し、更に、その上に、CVD法又はメッキ法を用いて、Cu膜を形成し、さらに、CMP（Chemical Mechanical Polishing）法を用いて、Cu膜の表面を研磨し、最終的にトレンチ6内にもみTiNとCuからなる金属配線7を埋め込み形成する。この金属配線の埋め込み技術は、一般にはダマシン（damascene）法と呼ばれている。尚、この金属配線7が本発明における「第1配線」に相当する。

【0065】工程6（図7参照）：有機SOG膜3、改質SOG膜5及び金属配線7の上に、膜厚約600nmのシリコン酸化膜8を形成する。このシリコン酸化膜8の形成方法は上記シリコン酸化膜2と同様である。

【0066】工程7（図8参照）：図示しないレジストパターンをマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、シリコン酸化膜8に金属配線7に通じるコンタクトホール9を形成する。

【0067】次に、不活性ガス（例えばAr）を用いたスパッタエッチングによって、コンタクトホール9内をクリーニングした後、コンタクトホール9を含むシリコン酸化膜8の上に、マグネトロンスパッタ法やCVD法を用いて、密着層及びバリヤ層としてのTiN膜を形成し、その上に、CVD法又はメッキ法を用いて、Cu膜を形成し、更に、CMP法を用いて、Cu膜の表面を研磨し、最終的にコンタクトホール9内にTiNとCuからなる接続孔配線10を埋め込み形成する。

【0068】尚、この工程6及び工程7においても、工程1～5と同様、シリコン酸化膜8に代えて有機SOG膜を用い、イオン注入により部分的に改質した後、この改質部分にコンタクトホール9を形成し、このコンタクトホール9内に接続孔配線10を埋め込み形成するようにしても良い。

【0069】工程8（図1参照）：工程1～工程5と同様の手法を用いて、有機SOG膜11、改質SOG膜12を形成し、更に、接続孔配線10と電気的に接続する上層金属配線13（TiNとCuとの積層）を形成する。

【0070】ここで、図9は有機SOG膜（未処理）及び改質SOG膜（Arイオン注入処理）のそれぞれに窒素雰囲気中で30分間の熱処理を施し、TDS法（Thermal Desorption Spectroscopy）を用いて評価した結果を示している。尚、イオン注入条件は、加速エネルギー：140KeV、ドーズ量： 1×10^{15} atoms/cm²である。

【0071】この図9は、H₂O（m/e=18）に関する脱離量を表したものであり、図9から明らかなよう

に、改質 SOG 膜は H_2O ($m/e = 18$) に関する脱離が少ないことが分かる。このことは、有機 SOG 膜にイオン注入を行って、改質 SOG 膜とすることにより、有機 SOG 膜に含まれる水分及び水酸基が減少することを示している。

【0072】図 10 は有機 SOG 膜及び改質 SOG 膜の吸湿性を調べる目的で、有機 SOG 膜（未処理）、有機 SOG 膜を酸素プラズマに晒したもの（酸素プラズマ処理）及び改質 SOG 膜（Ar イオン注入）をクリーンルーム内で大気中に放置し、膜中の水分を評価した結果を示している。膜中の水分量は、FT-IR 法 (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) を用いて、赤外吸収スペクトルの O-H 基に関する吸収 (3500 cm^{-1} 付近) の面積強度を指標とした。イオン注入条件は、加速エネルギー: 140 KeV 、ドーズ量: $1 \times 10^{15}\text{ atoms/cm}^2$ である。

【0073】図 10 を参照して、酸素プラズマに晒した場合、処理前後での水分増加だけでなく、1 日後でも水分が増加していることが分かる。一方、改質 SOG 膜は、イオン注入後に増加していないだけでなく、クリーンルーム内で大気に放置しても、有機 SOG 膜に比べて水分の増加は小さい。

【0074】即ち、改質 SOG 膜は、有機 SOG 膜に比べて吸湿性が低いことが分かる。

【0075】図 11 は改質 SOG 膜及び有機 SOG 膜の水分の透過性を調べる目的で、プレッシャー・クッカー試験 (PCT) (加湿試験のことで、本実施形態では、条件として、 120°C 、2 気圧の飽和水蒸気雰囲気で行った) した結果を示している。FT-IR 法を用いて、有機 SOG 膜中の O-H に関する吸収ピーク (3500 cm^{-1} 付近) の面積強度を求め、PCT 時間との関係をプロットした。

【0076】イオン注入法を用いて表面だけを改質した試料 (Ar イオン注入: 20 KeV) を作製し、膜全体を改質したもの (Ar イオン注入: 140 KeV) や改質しなかったもの (有機 SOG 膜: 未処理) と比較した結果、以下のことが分かった。

【0077】(イ) 改質していない有機 SOG 膜を PCT した場合、 3500 cm^{-1} 付近 (O-H 基に関する吸収) の吸収強度が劇的な増加を示す。

【0078】(ロ) 改質 SOG 膜では、 3500 cm^{-1} 付近 (O-H 基に関する吸収) の吸収強度の増加は小さい。膜表面だけを改質した試料でも、膜全体を改質したものと同程度である。

【0079】以上の結果から、イオンを注入することで、水分の透過性を抑制する層を形成できることが分かる。

【0080】尚、上記図 9～図 11 に示した実験において、アルゴンイオンを上記第 1 実施形態と同様のホウ素イオンに置き換えても同様の傾向を示す。

【0081】上記図 9～図 11 に関する記述を含め、有機 SOG 膜にホウ素等のイオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させ、その結果、金属配線の腐食を防止したり、エッチングにより形成したビアホール の側壁にリセスが発生することを防止することは、本出願人において提案済みである (例えば、特開平 9-312339 号公報参照)。

【0082】以上、本第 1 実施形態にあつては、有機 SOG 膜 3 において、トレンチ 6 の内壁にのみ耐水性の高い改質 SOG 膜 5 を形成することで、金属配線 7 の腐食を防止し、且つ配線間容量も極力低い、信頼性の高い層間絶縁膜を得ることができる。

【0083】しかも、各金属配線 7 の間には、横方向に有機 SOG 膜 3 (改質 SOG 膜 5) のみが存在するため、更なる微細化にも対応できる。

【0084】(第 2 実施形態) 本発明を具体化した第 2 実施形態を図面に基づいて説明する。尚、本第 2 実施形態において、第 1 実施形態と同様の構成には同じ符号を用い、その詳細な説明を省略する。

【0085】図 12 は本第 2 実施形態における半導体装置の断面図であり、いわゆるデュアルダマシン (dual-damascene) 法を用いて形成された多層配線構造を示している。

【0086】図 12 において、有機 SOG 膜 3、改質 SOG 膜 5 及び金属配線 7 の上には、有機 SOG 膜 20 が形成されている。この有機 SOG 膜 20 には、金属配線 7 に通じるコンタクトホール 21 が形成されている。有機 SOG 膜 20 の上にはコンタクトホール 21 を形成するためのエッチングマスクとしてのシリコン窒化膜マスク 22a が形成され、更にその上に有機 SOG 膜 23 が形成され、この有機 SOG 膜 23 には、コンタクトホール 21 に通じるトレンチ 24 が形成されている。有機 SOG 膜 20 におけるコンタクトホール 21 の内壁には改質 SOG 膜 25 が、有機 SOG 膜 23 におけるトレンチ 24 の内壁には改質 SOG 膜 26 が形成されている。

【0087】そして、コンタクトホール 21 内及びトレンチ 24 内には、金属配線 7 と電氣的に接続する上層金属配線 27 が形成されている。なお、この上層金属配線 27 が本発明における「第 2 配線」に相当する。

【0088】次に、本第 2 実施形態の半導体装置の製造方法を図 12～図 20 に従って説明する。尚、第 1 実施形態における工程 1～工程 6 (図 1～図 6) については、本第 2 実施形態も同様であるので、説明を省略し、ここでは、それ以降の工程につき説明する。

【0089】工程 10 (図 13 参照): 有機 SOG 膜 3、改質 SOG 膜 5 及び金属配線 7 の上に、膜厚約 60 nm の有機 SOG 膜 20 を形成する。この有機 SOG 膜 20 の組成及び形成方法は上記有機 SOG 膜 3 と同様である。尚、この有機 SOG 膜 20 が本発明における

「第2絶縁膜又は第3絶縁膜」に相当する。

【0090】工程11(図14参照)：有機SOG膜20の上にシリコン窒化膜22を形成する。尚、このシリコン窒化膜22が、本発明の「第4絶縁膜」に相当する。

【0091】工程12(図15参照)：シリコン窒化膜22の上に、レジストパターン28を形成する。尚、このレジストパターン28が、本発明の「第2マスクパターン」に相当する。

【0092】工程13(図16参照)：レジストパターン28をマスクとして、上記工程3と同様の回転斜めイオン注入法を用い、有機SOG膜20に対し、ホウ素(ボロン)イオン(B⁺)を加速エネルギー：約140KeV、ドーズ量：約 2×10^{15} atoms/cm²の条件でドーピングする。このように、有機SOG膜20にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

【0093】その結果、有機SOG膜20は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれない改質SOG膜25に変えられる。この時、ホウ素イオンは斜め方向から注入されるため、この改質SOG膜25は、レジストパターン28の開口部よりも大きな径になる。尚、この改質SOG膜25が、本発明における「第2不純物含有領域又は第3不純物含有領域」に相当する。

【0094】工程14(図17参照)：RIE法により、レジストパターン28をマスクとしてシリコン窒化膜22をエッチングすることにより、シリコン窒化膜マスク22aを形成する。尚、このシリコン窒化膜マスク22aが、本発明の「エッチング用マスク」に相当する。

【0095】工程15(図18参照)：レジストパターン28を除去した後、改質SOG膜25及びシリコン窒化膜マスク22aの上に、膜厚約600nmの有機SOG膜23を形成する。この有機SOG膜23の組成及び形成方法は上記有機SOG膜3と同様である。尚、この有機SOG膜23は、本発明における「第2絶縁膜又は第5絶縁膜」に相当する。

【0096】工程16(図19参照)：有機SOG膜23の上に、ストライプ状のレジストパターン29を形成する。このレジストパターン29の開口部は、シリコン窒化膜マスク22aの開口部を含み、その面積も、シリコン窒化膜マスク22aのそれよりも大きい。尚、このレジストパターン29が、本発明における「第3マスクパターン」に相当する。

【0097】次に、レジストパターン29をマスクとして、上記工程3と同様の回転斜めイオン注入法を用い、有機SOG膜23に対し、ホウ素(ボロン)イオン(B⁺)を加速エネルギー：約140KeV、ドーズ量：約 2×10^{15} atoms/cm²の条件でドーピングする。このように、有機SOG膜23にホウ素イオンを導入することで、膜

中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

【0098】その結果、有機SOG膜23は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれない改質SOG膜26に変えられる。この時、ホウ素イオンは斜め方向から注入されるため、この改質SOG膜26は、レジストパターン29の開口部よりも大きな幅になる。尚、この改質SOG膜26が、本発明における「第2不純物含有領域又は第4不純物含有領域」に相当する。

【0099】工程17(図20参照)：レジストパターン29及びシリコン窒化膜マスク22aをマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質SOG膜25及び改質SOG膜26をエッチングする。この場合、まずレジストパターン29と同じ開口幅で改質SOG膜26がエッチングされ、シリコン窒化膜マスク22aに到達した時点で改質SOG膜26のエッチングが終了し、まず、改質SOG膜26にトレンチ24が形成される。続いて、シリコン窒化膜マスク22aをマスクとして、このマスクと同じ開口径で改質SOG膜25がエッチングされ、改質SOG膜25に、金属配線7に通じるコンタクトホール21を形成する。

【0100】このように、シリコン窒化膜マスク22aをエッチングストップとして利用することにより、トレンチ24とコンタクトホール21とを一度のエッチングで形成することができる。

【0101】しかも、まず開口幅の広いトレンチ24を形成してから、その後にコンタクトホール21を形成するので、コンタクトホール21を先に形成する手法に比べてアスペクト比が高くなり、エッチング制御が簡単である。

【0102】この時、工程13において、改質SOG膜25の径がシリコン窒化膜マスク22aの開口部の径よりも大きく形成され、工程16において、改質SOG膜26の幅がレジストパターン29の開口幅よりも大きく形成されているため、コンタクトホール21の内壁は改質SOG膜25で構成され、トレンチ24の内壁は改質SOG膜26で構成される。従って、このコンタクトホール21及びトレンチ24内に後述するように配線を埋め込んでも、有機SOG膜20、23に含まれる水分や水酸基が配線に悪影響を与えない。

【0103】また、改質SOG膜25、26の比誘電率はそれぞれ3.5で、有機SOG膜20、23の各比誘電率(2.9)に対し、若干高いが、本第2実施形態では、改質SOG膜25はコンタクトホール21の内壁にのみ存在し、改質SOG膜26はトレンチ21の内壁にのみ存在し、それ以外の箇所は有機SOG膜20又は有機SOG膜23のままであるため、膜全体の比誘電率が大幅に増加し、配線間容量が大きくなって信号遅延が発生することも極力防止できる。

【0104】工程18（図12参照）：不活性ガス（例えばAr）を用いたスパッタエッチングによって、トレンチ24及びコンタクトホール21内をクリーニングした後、トレンチ24及びコンタクトホール21内を含む有機SOG膜23及び改質SOG膜26の上に、マグネトロンスパッタ法やCVD法を用いて、密着層及びバリヤ層としてのTiN膜を形成し、その上に、CVD法又はメッキ法を用いて、Cu膜を形成し、更に、CMP法を用いて、Cu膜の表面を研磨し、最終的にトレンチ24及びコンタクトホール21内にTiNとCuからなる上層金属配線27を埋め込み形成する。尚、この上層金属配線27が、本発明における「第2配線」に相当する。

【0105】以上、本第2実施形態にあつては、いわゆるデュアルダマシン法を用いて形成された多層配線構造においても第1実施形態と同様の作用効果を享受することができる。

【0106】（第3実施形態）本発明を具体化した第3実施形態を図面に基づいて説明する。尚、本第3実施形態において、第1実施形態又は第2実施形態と同様の構成には同じ符号を用い、その詳細な説明を省略する。

【0107】図21は本第3実施形態における半導体装置の断面図であり、第2実施形態と同様、デュアルダマシン法を用いて形成された多層配線構造を示している。

【0108】図21において、有機SOG膜3、改質SOG膜5及び金属配線7の上には、有機SOG膜30が形成されている。この有機SOG膜30には、金属配線7に通じるコンタクトホール21及びこのコンタクトホール21に通じるトレンチ24が形成されている。コンタクトホール21及びトレンチ24の内壁には改質SOG膜31が形成されている。

【0109】そして、コンタクトホール21内及びトレンチ24内には、金属配線7と電気的に接続する上層金属配線27が形成されている。

【0110】次に、本実施形態の半導体装置の製造方法を図21～図28に従って説明する。尚、第1実施形態における工程1～工程6（図1～図6）については、本第3実施形態も同様であるので、説明を省略し、ここでは、それ以降の工程につき説明する。

【0111】工程20（図22参照）：有機SOG膜3、改質SOG膜5及び金属配線7の上に、膜厚約900nmの有機SOG膜30を形成する。この有機SOG膜30の組成及び形成方法は上記有機SOG膜3と同様であるが、その膜厚は、上述の被膜形成～熱処理作業を合計3回繰り返して所定の値としている。尚、この有機SOG膜30が、本発明における「第2絶縁膜」に相当する。

【0112】工程21（図23参照）：有機SOG膜30の上に、ストライプ状のレジストパターン29を形成する。

【0113】工程22（図24参照）：レジストパターン29をマスクとして、上記工程3と同様の回転斜めイオン注入法を用い、有機SOG膜30に対し、ホウ素（ボロン）イオン（B⁺）を加速エネルギー：約160KeV、ドーズ量：約 2×10^{15} atoms/cm²の条件でドーピングする。このように、有機SOG膜30にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及び水酸基を減少させる。

【0114】その結果、有機SOG膜30は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれない改質SOG膜31に変えられる。この時、ホウ素イオンは斜め方向から注入されるため、この改質SOG膜31は、レジストパターン29の開口部よりも大きな幅になる。尚、この改質SOG膜31が、本発明における「第2不純物含有領域」に相当する。

【0115】工程23（図25参照）：レジストパターン29をマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質SOG膜31を、その膜厚が約450nmになるまでエッチングし、この改質SOG膜31にトレンチ24を形成する。

【0116】工程24（図26参照）：レジストパターン29を除去した後、再び改質SOG膜31の上に、レジストパターン32を形成する。このレジストパターン32の開口部32aは、トレンチ24内に位置する。

【0117】工程25（図27参照）：レジストパターン32をマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、改質SOG膜31をエッチングする。

【0118】工程26（図28参照）：レジストパターン32を除去することにより、改質SOG膜31に、金属配線7に通じるトレンチ24及びコンタクトホール21を形成する。

【0119】この時、工程22において、改質SOG膜31の寸法がレジストパターン29の開口幅よりも大きく形成されているため、コンタクトホール21及びトレンチ24の内壁は改質SOG膜31で構成される。従って、このコンタクトホール21及びトレンチ24内に後述するように配線を埋め込んでも、有機SOG膜30に含まれる水分や水酸基が配線に悪影響を与えない。

【0120】また、改質SOG膜31の比誘電率は3.5で、有機SOG膜30の比誘電率（2.9）に対し、若干高いが、本第3実施形態では、改質SOG膜31はコンタクトホール21及びトレンチ24の内壁にのみ存在し、それ以外の個所は有機SOG膜30のままであるため、膜全体の比誘電率が大幅に増加し、配線間容量が大きくなって信号遅延が発生することも極力防止できる。

【0121】工程27（図21参照）：不活性ガス（例えばAr）を用いたスパッタエッチングによって、トレ

ンチ 24 及びコンタクトホール 21 内をクリーニングした後、トレンチ 24 及びコンタクトホール 21 内を含む有機 SOG 膜 30 及び改質 SOG 膜 31 の上に、マグネトロンスパッタ法や CVD 法を用いて、密着層及びバリヤ層としての TiN 膜を形成し、その上に、CVD 法又はメッキ法を用いて、Cu 膜を形成し、更に、CMP 法を用いて、Cu 膜の表面を研磨し、最終的にコンタクトホール 21 及びトレンチ 24 内に TiN と Cu からなる上層金属配線 27 を埋め込み形成する。

【0122】本第 3 実施形態から把握できる技術的思想について、以下にその効果と共に記載する。

【0123】：基板上に第 1 絶縁膜（有機 SOG 膜 3）を形成する工程と、この第 1 絶縁膜の一部に不純物を導入して不純物含有領域（改質 SOG 膜 5）を形成する工程と、前記第 1 絶縁膜における前記不純物含有領域内に、第 1 埋込用開口部（トレンチ 6）を形成する工程と、前記第 1 埋込用開口部内に第 1 配線（金属配線 7）を埋め込む工程と、前記第 1 絶縁膜及び第 1 配線の上に第 6 絶縁膜（有機 SOG 膜 30）を形成する工程と、前記第 6 絶縁膜の上に第 5 マスクパターン（レジストパターン 29）を形成する工程と、この第 5 マスクパターンをマスクとして前記第 6 絶縁膜に斜め方向から不純物を注入することにより、前記第 6 絶縁膜に、前記第 5 マスクパターンの開口部よりも大きく且つ前記第 1 配線上に位置する第 5 不純物含有領域（改質 SOG 膜 31）を形成する工程と、前記第 5 マスクパターンに基づいて、第 5 不純物含有領域を部分的に薄膜化する工程と、この薄膜化した領域の上に第 6 マスクパターン（レジストパターン 32）を形成する工程と、この第 6 マスクパターンに基づいて、前記第 5 不純物含有領域に、前記第 1 配線に通じるコンタクトホールを形成する工程と、少なくとも前記コンタクトホール内に、前記第 1 配線に電気的に接続される第 2 配線を形成する工程と、を含むことを特徴とした半導体装置の製造方法。

【0124】本第 3 実施形態にあつては、コンタクトホール 21 及びトレンチ 24 の内壁にそれぞれ改質 SOG 膜 31 を形成する工程を、上記第 2 実施形態のように 2 度に分けて行う必要がない。しかも、シリコン窒化膜マスク 22 を設ける必要がない。その結果、製造工程を第 2 実施形態に比べて簡略化することができる。

【0125】また、まず開口幅の広いトレンチ 24 を形成してから、その後にコンタクトホール 21 を形成するので、コンタクトホール 21 を先に形成する手法に比べてアスペクト比が高くなり、エッチング制御が簡単である。

【0126】（第 4 実施形態）本発明を具体化した第 4 実施形態を図面に基いて説明する。尚、第 4 実施形態において、第 1 実施形態～第 3 実施形態と同様の構成には同じ符号を用い、その詳細な説明を省略する。

【0127】図 29 は、第 4 実施形態における半導体装

置の断面図である。この第 4 実施形態では、第 2 および第 3 実施形態と同様、デュアルダマシン法を用いて形成された多層配線構造を有している。ただし、この第 4 実施形態では、第 2 および第 3 実施形態と異なり、改質 SOG 膜は、コンタクトホール 21 の内壁にのみ形成されており、トレンチ 24 の内壁には形成されていない。以下、第 4 実施形態の構造について詳細に説明する。

【0128】図 29 を参照して、単結晶シリコン基板 1 の上には、300 nm～500 nm 程度の膜厚を有する配線層 42 が形成されている。配線層 42 の上には、900 nm～1100 nm 程度の膜厚を有する有機 SOG 膜 43 が形成されている。この有機 SOG 膜 43 には、配線層 42 に通じるコンタクトホール（ビアホール）21 が形成されている。有機 SOG 膜 43 の上にはコンタクトホール 21 を形成するためのエッチングマスクとしてのシリコン窒化膜マスク 44a が 20 nm～40 nm 程度の膜厚で形成されている。このシリコン窒化膜マスク 44a は、有機 SOG 膜 43 よりもエッチング速度が遅い。また、シリコン窒化膜マスク 44a 上には、誘電率が 3.5 以下の低誘電率絶縁膜 48 が 300 nm～500 nm 程度の膜厚で形成されている。

【0129】この低誘電率絶縁膜 48 としては、たとえば、有機 SOG 膜（誘電率 2.9）またはアモルファスカーボン膜（誘電率 2.0～2.5）などが用いられる。また、この低誘電率絶縁膜 48 としては、シリコン窒化膜マスク 44a よりもエッチング速度が速い材料を用いる。なお、この低誘電率絶縁膜 48 には、コンタクトホール 21 に通じるトレンチ 24 が形成されている。有機 SOG 膜 43 におけるコンタクトホール 21 の内壁には改質 SOG 膜 45 が形成されている。

【0130】また、コンタクトホール 21 内及びトレンチ 24 内には、デュアルダマシン法を用いて、配線層 42 と電気的に接続する上層金属配線 27 が埋め込まれている。なお、この上層金属配線 27 が本発明（請求項 6, 17）における「第 1 配線」に相当する。

【0131】ここで、第 4 実施形態では、上記のように、有機 SOG 膜 43 に不純物が導入された改質 SOG 膜 45 を設けることによって、その改質 SOG 膜 45 では、不純物の導入により、膜が改質されて、膜に含まれる水分や水酸基が減少し且つ膜が吸水しにくくなっている。これにより、有機 SOG 膜 43 中の水分が上層金属配線 27 に悪影響を与えない。この結果、上層金属配線 27 のコンタクトホール 21 部分における腐食などの不都合を有効に防止することができる。

【0132】また、改質 SOG 膜 45 を、有機 SOG 膜 43 のうち上層金属配線 27 との接触部のみに形成することによって、不純物の導入によりこの部分の比誘電率が若干増加した場合であっても、有機 SOG 膜 43 におけるその他の領域の比誘電率は増加しない。したがって、第 4 実施形態では、上記した第 2 および第 3 実施形

態と同様、上層金属配線 27 のコンタクトホール 21 部分における腐食などの不都合を有効に防止することができる。配線間容量も極力低い、信頼性の高い有機 SOG 膜 43 (改質 SOG 膜 45) からなる層間絶縁膜を得ることができる。

【0133】さらに、この第 4 実施形態では、上層の絶縁膜として誘電率が 3.5 以下の低誘電率絶縁膜 48 を用いることにより、低誘電率絶縁膜 48 からなる層間絶縁膜の配線間容量を低減することができる。この結果、有機 SOG 膜 43 (改質 SOG 膜 45) からなる層間絶縁膜と、低誘電率絶縁膜 48 からなる層間絶縁膜との組み合わせにより、配線間容量をより低減しながら、コンタクトホール 21 部分における上層金属配線 27 の腐食などの不都合を有効に防止することができる。

【0134】なお、コンタクトホール (ビアホール) 21 のエッチング時に生じるリセスやポイズンドビアなどの不都合は、主にコンタクトホール (ビアホール) 21 で発生する問題であるので、コンタクトホール (ビアホール) 21 の内壁に改質 SOG 膜 45 が形成されていれば、これらの不都合は解消でき、有機 SOG 膜などからなる低誘電率絶縁膜 48 のトレンチ 24 の内壁に改質 SOG 膜が形成されていなくても問題はないと考えられる。

【0135】次に、第 4 実施形態の半導体装置の製造方法を図 29 ～ 図 36 に従って説明する。

【0136】工程 30 (図 30 参照) : (100) p 型 (又は n 型) 単結晶シリコン基板 1 の上に配線層 42 を 300 nm ～ 500 nm 程度の膜厚で形成する。その配線層 42 上に有機 SOG 膜 43 を 900 nm ～ 1100 nm 程度の膜厚で形成する。この有機 SOG 膜 43 の組成及び形成方法は、上記実施の形態 1 の有機 SOG 膜 3 と同様である。尚、この有機 SOG 膜 43 が本発明 (請求項 6, 17) における「第 1 絶縁膜」に相当する。また、有機 SOG 膜 43 の上にシリコン窒化膜 44 を 20 nm ～ 40 nm 程度の膜厚で形成する。尚、このシリコン窒化膜 44 が、本発明 (請求項 17) の「第 2 絶縁膜」に相当する。

【0137】工程 31 (図 31 参照) : シリコン窒化膜 44 の上に、レジストパターン 46 を 500 nm ～ 800 nm 程度の膜厚で形成する。尚、このレジストパターン 46 が、本発明 (請求項 17) の「第 1 マスクパターン」に相当する。

【0138】工程 32 (図 32 参照) : レジストパターン 46 をマスクとして、上記実施の形態 1 の工程 3 と同様の回転斜めイオン注入法を用い、有機 SOG 膜 43 に対し、ホウ素 (ボロン) イオン (B⁺) を加速エネルギー : 約 300 ～ 500 KeV、ドーズ量 : 1×10^{15} atoms/cm² 程度以上の条件でドーピングする。このように、有機 SOG 膜 43 にホウ素イオンを導入することで、膜中の有機成分を分解させると共に、膜中に含まれる水分及

び水酸基を減少させる。

【0139】その結果、有機 SOG 膜 43 のイオン注入された領域は、有機成分が含まれず、水分及び水酸基が僅かしか含まれない改質 SOG 膜 45 に変えられる。この時、ホウ素イオンは斜め方向から注入されるため、この改質 SOG 膜 45 は、レジストパターン 46 の開口部よりも大きな径になる。尚、この改質 SOG 膜 45 が、本発明 (請求項 6, 17) における「第 1 不純物含有領域」に相当する。

【0140】工程 33 (図 33 参照) : RIE 法により、レジストパターン 46 をマスクとしてシリコン窒化膜 44 を異方性エッチングすることにより、開口部 47 を有するシリコン窒化膜マスク 44a を形成する。尚、このシリコン窒化膜マスク 44a が、本発明 (請求項 8, 17) の「エッチング用マスク」に相当する。

【0141】工程 34 (図 34 参照) : レジストパターン 46 を除去した後、改質 SOG 膜 45 及びシリコン窒化膜マスク 44a の上に、300 nm ～ 500 nm 程度の膜厚を有する低誘電率絶縁膜 48 を形成する。この低誘電率絶縁膜 48 として有機 SOG 膜を用いる場合は、上記有機 SOG 膜 3 と同様の組成および形成方法により形成する。また、低誘電率絶縁膜 48 としてアモルファスカーボンを用いる場合は、CVD 法により堆積する。尚、この低誘電率絶縁膜 48 は、本発明における「第 2 絶縁膜 (請求項 6, 7) または第 3 絶縁膜 (請求項 17)」に相当する。

【0142】工程 35 (図 35 参照) : 低誘電率絶縁膜 48 の上に、レジストパターン 49 を形成する。このレジストパターン 49 の開口部は、シリコン窒化膜マスク 44a の開口部を含み、その面積も、シリコン窒化膜マスク 44a のそれよりも大きい。尚、このレジストパターン 49 が、本発明 (請求項 17) における「第 2 マスクパターン」に相当する。

【0143】工程 36 (図 36 参照) : レジストパターン 49 及びシリコン窒化膜マスク 44a をマスクとして、フロロカーボン系のガスをエッチングガスとして用いる異方性エッチングを行い、低誘電率絶縁膜 48 及び改質 SOG 膜 45 をエッチングする。この場合、まずレジストパターン 49 と同じ開口幅で低誘電率絶縁膜 48 がエッチングされ、シリコン窒化膜マスク 44a に到達した時点で低誘電率絶縁膜 48 のエッチングが終了する。これにより、低誘電率絶縁膜 48 にトレンチ 24 が形成される。続いて、シリコン窒化膜マスク 44a をマスクとして、このマスクと同じ開口径で改質 SOG 膜 45 がエッチングされ、改質 SOG 膜 45 に、配線層 42 に通じるコンタクトホール 21 を形成する。

【0144】このように、シリコン窒化膜マスク 44a をエッチングストップとして利用することにより、トレンチ 24 とコンタクトホール 21 とを一度のエッチングで形成することができ、その結果、製造工程を簡略化する

ることができる。

【0145】しかも、まず開口幅の広いトレンチ24を形成してから、その後にコンタクトホール21を形成するので、コンタクトホール21を先に形成する手法に比べてアスペクト比が高くなり、エッチング制御が簡単である。

【0146】ここで、工程32において、改質SOG膜45の径がシリコン窒化膜マスク44aの開口部の径よりも大きく形成されているため、工程36において形成されるコンタクトホール21の内壁は改質SOG膜45で構成される。従って、このコンタクトホール21内に後述するように配線を埋め込んでも、有機SOG膜43に含まれる水分や水酸基が配線に悪影響を与えない。

【0147】また、改質SOG膜45の比誘電率は3.5で、有機SOG膜43の比誘電率(2.9)に対し、若干高いが、この第4実施形態では、改質SOG膜45はコンタクトホール21の内壁にのみ存在し、それ以外の個所は有機SOG膜43のままであるため、膜全体の比誘電率が大幅に増加することにより配線間容量が大きくなって信号遅延が発生するのを有効に防止することができる。

【0148】工程37(図29参照):不活性ガス(例えばAr)を用いたスパッタエッチングによって、トレンチ24及びコンタクトホール21内をクリーニングした後、トレンチ24及びコンタクトホール21内を含む低誘電率絶縁膜48の上に、マグネトロンスパッタ法やCVD法を用いて、密着層及びバリア層としてのTiN膜を形成し、その上に、CVD法又はメッキ法を用いて、Cu膜を形成し、更に、CMP法を用いて、Cu膜の表面を研磨し、最終的にトレンチ24及びコンタクトホール21内にTiNとCuからなる上層金属配線27を埋め込み形成する。尚、この上層金属配線27が、本発明(請求項6, 17)における「第1配線」に相当する。

【0149】このように、第4実施形態では、いわゆるデュアルダマシン法を用いて形成された多層配線構造において第1実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0150】なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【0151】たとえば、以下のように実施しても上記した実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0152】(1)有機SOG膜に代えて、フロロカーボン膜やポリイミドやシロキサン編成されたポリイミドなどを用いる。

【0153】(2)配線材料としてのCuに代えて、ア

ルミ、金、銀、シリサイド、高融点金属、ドーパドポリシリコン、窒化チタン(TiN)、タングステンチタン(TiW)又はそれらの積層構造で形成する。

【0154】(3)密着層及びバリア層としてのTiNを、Ti、Ta₂N₃、Ta等との積層構造にする。又は、TiNに代えて、Ti、Ta₂N₃、Ta等を用いる。

【0155】(4)改質SOG膜に熱処理を施す。この場合、改質SOG膜中のダングリングボンドが少なくなるため、吸湿性が更に小さくなり、水分の透過も更に少なくなる。

【0156】(5)有機SOG膜の組成を一般式(1)で表される無機SOG膜に置き換え、その無機SOG膜にイオン注入を行う。この場合には、無機SOG膜に含まれる水分及び水酸基を減少させることができる。

【0157】(6)上記実施形態では、有機SOG膜に注入するイオンとしてホウ素イオンを用いたが、結果として有機SOG膜を改質するものであればどのようなイオンを用いてもよい。

【0158】具体的には、アルゴンイオン、ホウ素イオン、窒素イオンなどの質量の比較的小さいイオンが適しており、中でもホウ素イオンがもっとも適しているが、これら以外にも以下に示すイオンも十分に効果が期待できる。

【0159】アルゴン以外の不活性ガスイオン(ヘリウムイオン、ネオンイオン、クリプトンイオン、キセノンイオン、ラドンイオン)。不活性ガスは有機SOG膜と反応しないため、イオン注入によって悪影響が生じる恐れが全くない。

【0160】ホウ素及び窒素以外のIII b, IV b, V b, VI b, VII bの各族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、酸素、アルミ、イオウ、塩素、ガリウム、ゲルマニウム、ヒ素、セレン、臭素、アンチモン、ヨウ素、インジウム、スズ、テルル、鉛、ビスマスの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。

【0161】IVa族, Va族の元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。特に、チタン、バナジウム、ニオブ、ハフニウム、タンタルの元素単体イオン及びそれらの化合物イオン。

【0162】各イオンを複数種類組み合わせ用いる。この場合、各イオンの相乗作用により更に優れた効果を得ることができる。

【0163】(7)上記実施形態では、有機SOG膜にイオンを注入しているが、イオンに限らず、原子、分子、粒子であればよい(本発明ではこれらを総称して不純物とする)。

【0164】(8)スパッタリングの方法として、マグネトロンスパッタリング以外に、ダイオードスパッタリング、高周波スパッタリング、四極スパッタリング等のようなものであってもよい。

【0165】(9)スパッタエッチングの方法として、

不活性ガスを用いる以外に、反応性ガス（例えば CCl_4 、 SF_6 ）を用いた反応性イオンビームエッチング（RIE、反応性イオンミリングとも呼ばれる）を用いてもよい。

【0166】（10）上記第2実施形態において、工程14を工程13の前に行う。

【0167】（11）単結晶シリコン基板（半導体基板）に代えて、導電性基板やガラス等の絶縁性基板を用いる。すなわち、以上の実施形態にあつては、単結晶シリコン基板上に層間絶縁膜を形成する例を示しているが、例えばLCDのように絶縁性基板上の半導体層の上に層間絶縁膜を形成するデバイスに対しても十分に適用が可能であり、このような絶縁性基板上に絶縁膜を形成したものであっても本発明における「半導体装置」の概念に属するものとする。

【0168】（12）金属配線7又は上層金属配線27は、それぞれ分離していても、端部で接続されていても良く、任意の場所に置いて、配線間に絶縁膜が介在するものであれば良い。

【0169】（13）以上の実施形態にあつては、トレレンチ6、24に金属配線7を埋め込む例を用いて説明したが、その他コンタクトホールやビアホールも「埋め込み孔」の概念に属する。また、以上の実施形態において、コンタクトホールとビアホールとは同義とする。

【0170】（14）第4実施形態の低誘電率絶縁膜として、有機SOG膜またはアモルファスカーボンを示したが、誘電率が3.5以下であれば他の絶縁膜であってもよい。たとえば、HSQ（水素シルセスオキサン：誘電率3.0）やアモルファスフッ素樹脂（誘電率2.1）なども採用可能である。

【0171】

【発明の効果】以上のように、本発明にあつては、配線の腐食を防止し且つ比誘電率の増加も極力防止された層間絶縁膜を得ることで、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の概略断面図である。

【図2】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図3】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図4】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図5】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図6】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図7】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図8】本発明を具体化した第1実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図9】本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図10】本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図11】本発明の実施形態を説明するための特性図である。

【図12】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の概略断面図である。

【図13】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図14】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図15】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図16】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図17】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図18】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図19】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図20】本発明を具体化した第2実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図21】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の概略断面図である。

【図22】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図23】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図24】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図25】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図26】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図27】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図28】本発明を具体化した第3実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図29】本発明を具体化した第4実施形態に係る半導体装置の概略断面図である。

【図30】本発明を具体化した第4実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図31】本発明を具体化した第4実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図32】本発明を具体化した第4実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

29

【図 3 3】本発明を具体化した第 4 実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 3 4】本発明を具体化した第 4 実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 3 5】本発明を具体化した第 4 実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【図 3 6】本発明を具体化した第 4 実施形態に係る半導体装置の製造過程を示す概略断面図である。

【符号の説明】

1 シリコン基板

10

30

3, 20, 23, 30, 43 有機 SOG 膜

4, 28, 29, 32, 46, 49 レジストパターン

5, 25, 26, 31, 45 改質 SOG 膜

6, 24 トレンチ

7 金属配線

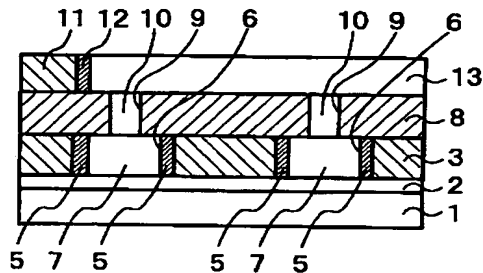
21 コンタクトホール

22a, 44a シリコン窒化膜マスク

27 上層金属配線

42 配線層

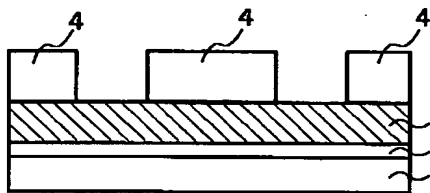
【図 1】



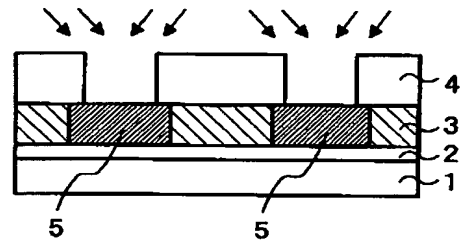
【図 2】



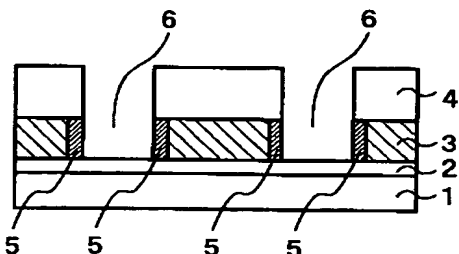
【図 3】



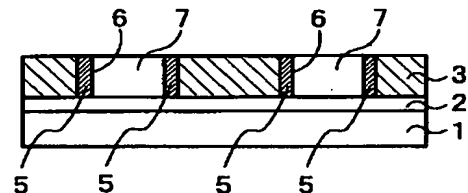
【図 4】



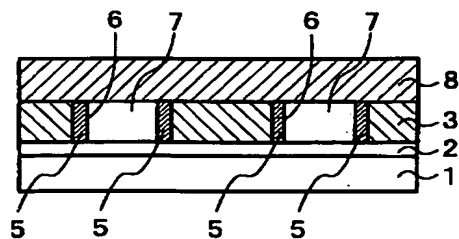
【図 5】



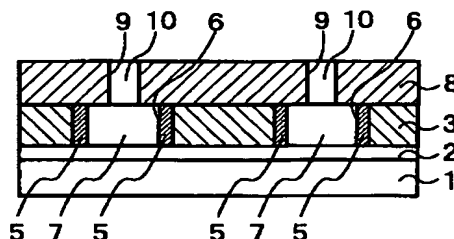
【図 6】



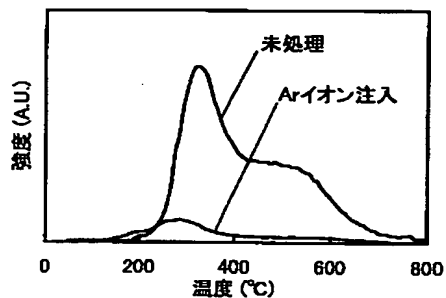
【図 7】



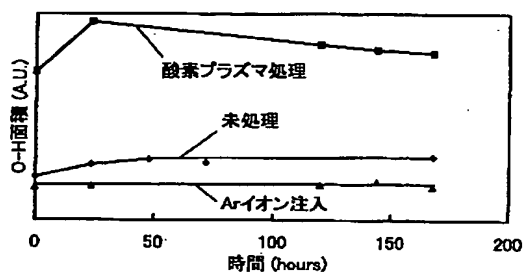
【図 8】



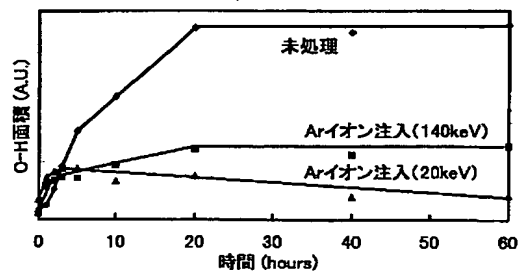
【図 9】



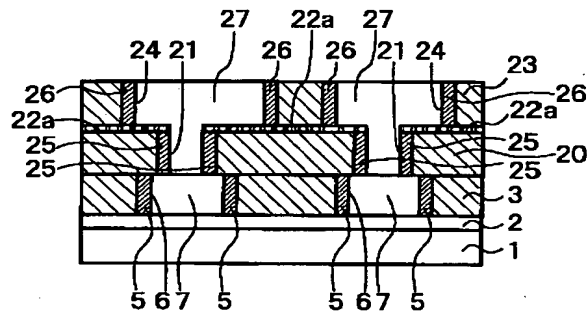
【図 10】



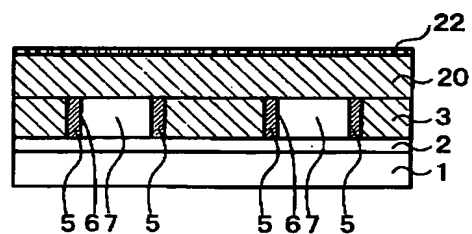
【図 11】



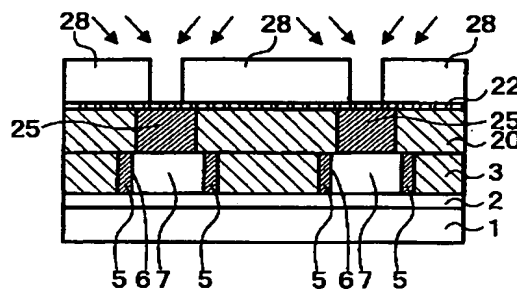
【図 12】



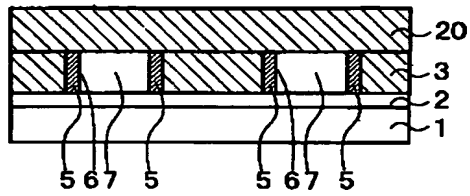
【図 14】



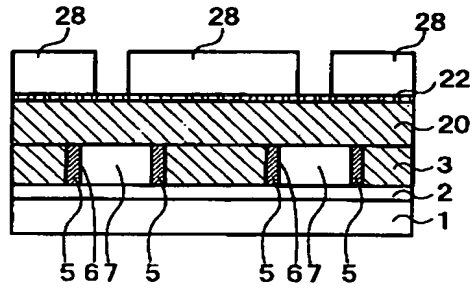
【図 16】



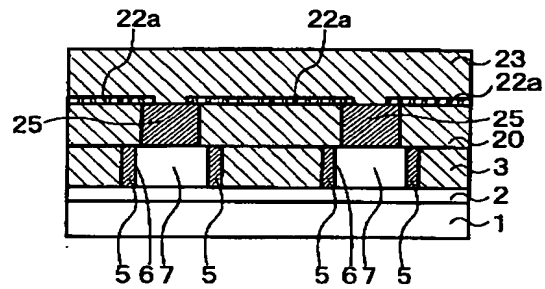
【図 13】



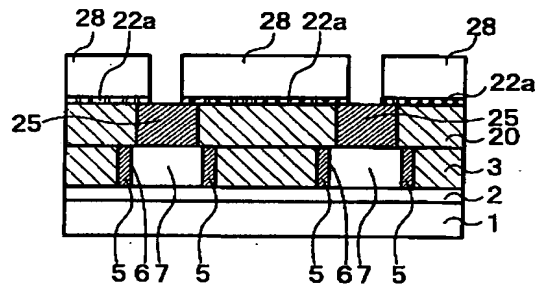
【図 15】



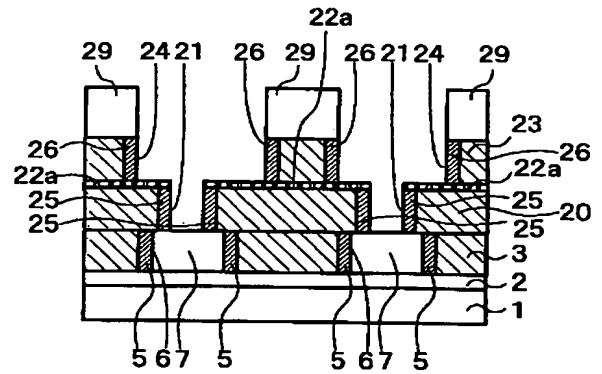
【図 18】



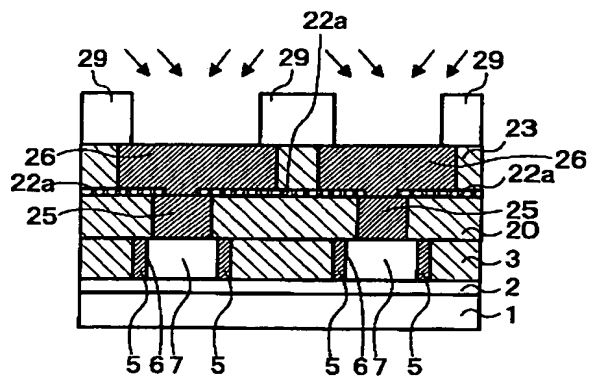
【図 17】



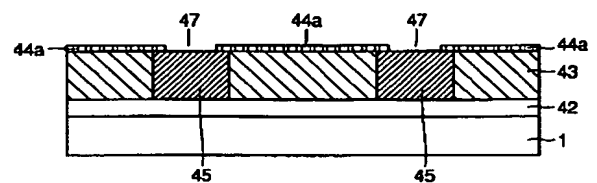
【図 20】



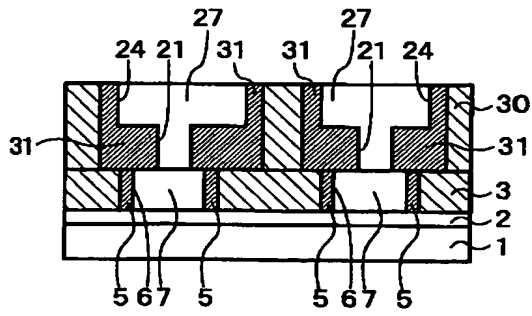
【図 19】



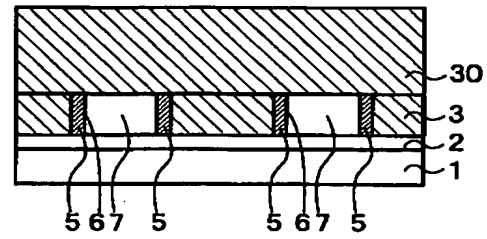
【図 33】



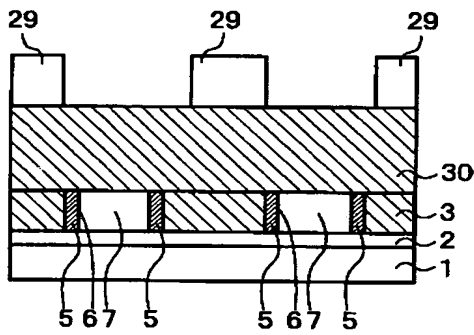
【図 2 1】



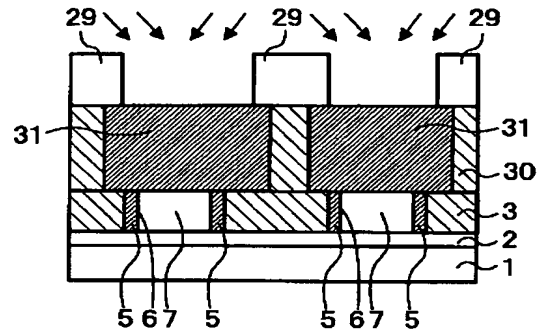
【図 2 2】



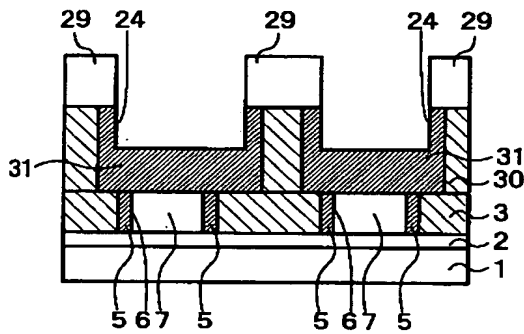
【図 2 3】



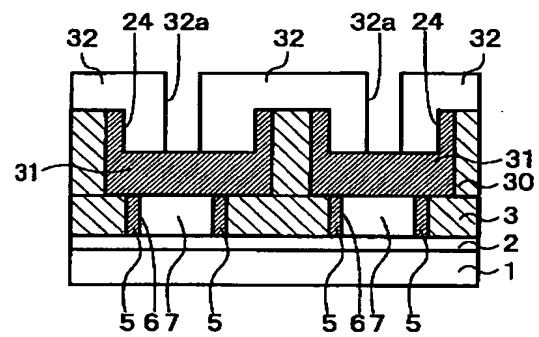
【図 2 4】



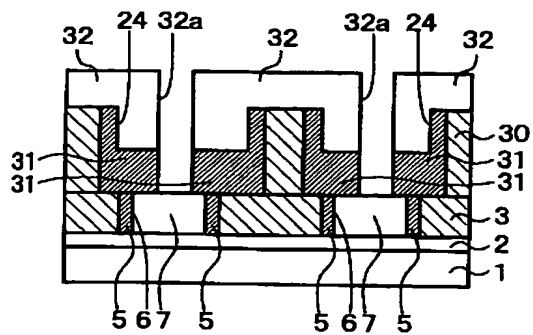
【図 2 5】



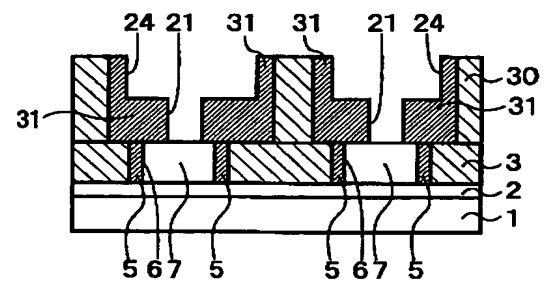
【図 2 6】



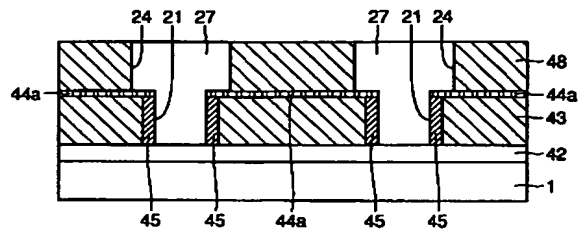
【図 2 7】



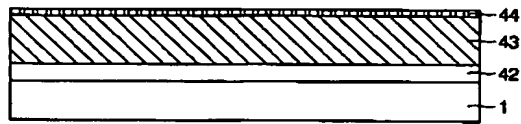
【図 2 8】



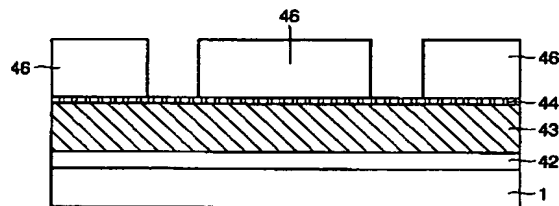
【図 29】



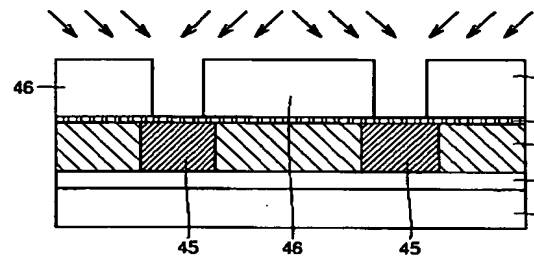
【図 30】



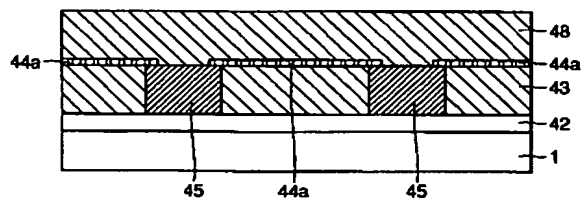
【図 31】



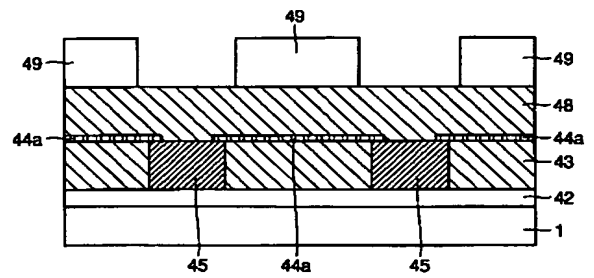
【図 32】



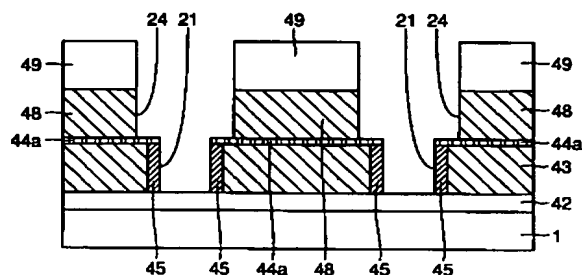
【図 34】



【図 35】



【図 36】



フロントページの続き

(72)発明者 西田 篤弘
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 井上 恭典
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 水原 秀樹
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

Fターム(参考) 5F033 GG04 HH04 HH08 HH11 HH13
HH14 HH17 HH18 HH21 HH23
HH25 HH33 JJ04 JJ08 JJ11
JJ13 JJ14 JJ17 JJ18 JJ21
JJ23 JJ25 JJ33 KK04 KK08
KK11 KK13 KK14 KK17 KK18
KK21 KK25 KK33 MM01 MM02
MM12 MM13 NN06 NN07 PP06
PP15 PP27 PP28 QQ09 QQ13
QQ14 QQ16 QQ25 QQ28 QQ37
QQ48 QQ60 QQ61 QQ62 QQ63
QQ64 QQ65 QQ66 QQ91 QQ92
RR01 RR04 RR06 RR09 RR12
RR21 RR22 RR24 RR25 SS01
SS02 SS04 SS07 SS11 SS12
SS13 SS14 SS15 SS22 TT04
TT06 TT07 WW04 XX18 XX24
XX27